

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-249377

(P 2 0 0 2 - 2 4 9 3 7 7 A)

(43)公開日 平成14年9月6日(2002.9.6)

(51) Int. Cl. ⁷

識別記号

F I

テ-マコ-ト' (参考)

C04B 35/565

H01L 21/205

4G001

H01L 21/205

21/66

B 4M106

21/3065

C04B 35/56

101

Y 5F004

21/66

101

E 5F045

H01L 21/302

B

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全17頁)

(21)出願番号

特願2001-41026(P 2001-41026)

(22)出願日

平成13年2月16日(2001.2.16)

(71)出願人 000000158

イビデン株式会社

岐阜県大垣市神田町2丁目1番地

(72)発明者 伊藤 康隆

岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデン株式会社内

(74)代理人 100086586

弁理士 安富 康男 (外2名)

Fターム(参考) 4G001 BA22 BA23 BA60 BB22 BB23

BB60 BC42 BC52 BC54 BC72

BD38 BE32 BE33

4M106 AA01 BA01 CA60 DJ02

5F004 BC08

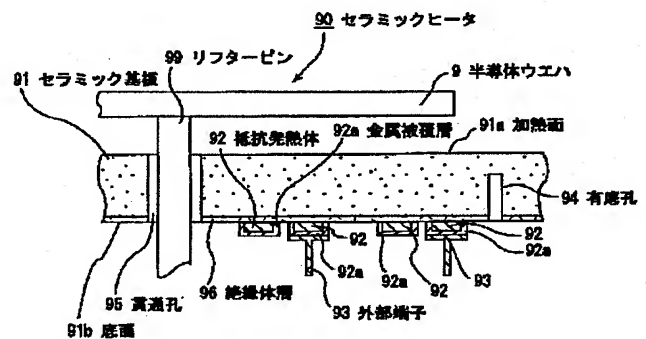
5F045 EM05 EM09

(54)【発明の名称】 半導体製造・検査装置用セラミック基板

(57)【要約】

【課題】 100℃を超える高温領域において、優れた温度追従性を有するとともに、反りが発生することがなく、ヒータとして用いる際、加熱面の温度が均一となるセラミック基板を提供すること。

【解決手段】 セラミック基板の内部または表面に導体層を有する半導体製造・検査装置用セラミック基板であって、前記セラミック基板は、炭化物セラミックからなり、その炭化物セラミック中には、酸素が含有されているとともに、前記セラミック基板の厚さは、25mm以下であることを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミック基板。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 セラミック基板の内部または表面に導体層を有する半導体製造・検査装置用セラミック基板であって、前記セラミック基板は、炭化物セラミックからなり、その炭化物セラミック中には、酸素が含有されているとともに、前記セラミック基板の厚さは、25mm以下であることを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミック基板。

【請求項 2】 前記セラミック基板の気孔率は、0 または 5% 以下である請求項 1 に記載の半導体製造・検査装置用セラミック基板。

【請求項 3】 前記セラミック基板中の酸素含有量は、0.1～5 重量% である請求項 1 または 2 に記載の半導体製造・検査装置用セラミック基板。

【請求項 4】 前記セラミック基板は、100℃ 以上で使用される請求項 1～3 のいずれか 1 に記載の半導体製造・検査装置用セラミック基板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、主に、ホットプレート（セラミックヒータ）、静電チャック、ウエハプローバなど、半導体の製造用や検査用の装置として用いられるセラミック基板に関する。

【0002】

【従来の技術】 エッチング装置や、化学的気相成長装置等を含む半導体製造、検査装置等においては、従来、ステンレス鋼やアルミニウム合金などの金属製基材を用いたヒータや、ウエハプローバ等が用いられてきた。しかしながら、金属製のヒータでは温度制御特性が悪く、また厚さも厚くなるため重く嵩張るという問題があり、腐食性ガスに対する耐蝕性も悪いという問題を抱えていた。

【0003】 このような問題を解決するため、金属製のものに代えて、炭化珪素などのセラミックを使用したヒータが開発されてきた。このようなセラミックヒータでは、セラミック基板自体の剛性が高いため、その厚さを余り厚くしなくても、基板の反り等を防止することができるという利点を有している。

【0004】 このような技術として、特開平 11-40330 号公報では、窒化アルミニウム焼結体の表面に抵抗発熱体を設けたセラミックヒータが開示されている。また、特開平 9-48669 号公報では、黒色化した窒化アルミニウムを使用したセラミックヒータが開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、これらのヒータの厚さを 25mm 以下に薄くすると、100℃ を超える高温領域で反りが生じ、加熱面の温度が不均一になるという問題が発生した。さらに、このような問題は、上記高温領域で使用される静電チャックやウエハブ

ローバについても同様に発生するという事実を見出した。

【0006】

【課題を解決するための手段】 そこで、本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意研究した結果、セラミック基板の厚さが 25mm 以下である場合、炭化物セラミックを使用した基板に一定量の酸素を含有させて焼結性を向上させることにより、上述の問題を解決することができることを見出し、本発明を完成させるに至った。

【0007】 すなわち、本発明は、セラミック基板の内部または表面に導体層を有する半導体製造・検査装置用セラミック基板であって、上記セラミック基板は、炭化物セラミックからなり、その炭化物セラミック中には、酸素が含有されているとともに、上記セラミック基板の厚さは、25mm 以下であることを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミック基板である。

【0008】

【発明の実施の形態】 本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板は、炭化物セラミックからなり、その炭化物セラミック中には、酸素が含有されているとともに、上記セラミック基板の厚さは、25mm 以下であることを特徴とする。

【0009】 本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板（以下、半導体装置用セラミック基板ともいう）においては、上記セラミック基板の厚さを 25mm 以下に調整して全体の重量の増加を抑えているので、セラミック基板の熱容量が大きくなりすぎるのを防止することができ、セラミック基板をヒータとして使用した場合でも加熱面の温度の不均一化を抑制することができる。熱容量が大きいということは、温度を 1℃ 上昇させるために、多くの熱を必要とすることになり、わずかな抵抗発熱体の発熱量の相違により、加熱面の温度が不均一になってしまうのである。また、このように厚さを薄くしたセラミック基板は、熱容量が大きくなり、優れた温度追従性を有する。

【0010】 セラミック基板の厚さが 25mm を超えると、セラミック基板の熱容量が大きくなり、特に、温度制御手段を設けて加熱、冷却する場合、熱容量の大きさに起因して温度追従性が低下してしまう。なお、セラミック基板の厚さは、1.5mm を超え、5mm 以下であることがより望ましい。特に、熱容量を小さくすることができ、冷却特性、温度均一性、温度追従性に優れるからである。

【0011】 なお、本発明の半導体装置用セラミック基板では、半導体ウエハをセラミック基板のウエハ載置面に接触させた状態で載置するほか、セラミック基板のウエハ載置面に支持ピン等を設け、該支持ピン等で半導体ウエハを支持し、セラミック基板との間に一定の間隔を保って保持する場合もある。

【0012】 とところで、セラミック基板の厚さを 25mm

m以下に調整した場合には、内部や表面に導体層を有しており、また、セラミック基板が炭化物セラミックであるため、高温でのヤング率が低下して反りが発生してしまう。また、炭化物セラミックは、高温での熱伝導率が低くなるため、厚さを25mm以下に調整して熱容量を小さくした意味が没却されてしまう。すなわち、セラミック基板の熱伝導率が低くなるため、セラミック基板のウエハ載置面の温度が、抵抗発熱体の昇温速度および降温速度に、迅速に追従することができず、ヒータとしての温度追従性が低下してしまう。

【0013】従って、ヒータとしての温度追従性を優れたものとするためには、セラミック基板の高温での熱伝導率を確保する必要がある。炭化物セラミックからなるセラミック基板の厚さが、25mm以下である場合、反りの発生を防止し、セラミック基板の熱伝導率を確保するためには、上述したように、セラミック基板中に酸素を含有させて焼結性を向上させ、高い密度のものとする事により、セラミック基板の機械的（物理的）特性を向上させればよい。

【0014】すなわち、酸素を含有した炭化物セラミックからなるセラミック基板は、高い熱伝導率が確保されるとともに、製造時における焼結性が向上するため、上記セラミック基板は高密度なものとなり、その機械的（物理的）特性が向上する。従って、上記セラミック基板の厚みを25mm以下としても、反り等が発生することがなく、上記セラミック基板をヒータとして用いる際、被加熱物である半導体ウエハの温度が均一となる。

【0015】本発明では、セラミック基板の厚さが25mm以下であるので、炭化物セラミック中に酸素を含有させて焼結性を向上させ、100℃以上での反りや熱伝導率を確保している。上記セラミック基板中の酸素含有量は、0.1～5重量%であることが望ましい。0.1重量%未満では、焼結性が低下して内部に多数の気孔が存在することになり、高温での反りが発生したり、熱伝導率を確保することが困難となる。また5重量%を超えると粒界に酸化物が偏在し、この酸化物が熱伝導率を低下させたり、ヤング率を低下させて反りが発生してしまう。

【0016】本発明のセラミック基板の原料となる炭化物セラミックに酸素を導入する方法として、上記炭化物セラミックを空气中で焼成する方法が採用されるほか、例えば、シリカ等の焼結助剤を炭化物セラミックに添加する方法等を用いることができる。なお、上記セラミック基板に含有させる酸素量は、酸化物の割合や焼成の際の温度や時間により調整することができる。本発明では、炭化物セラミックに酸素を導入する方法として、原料粉末を30分から6時間空气中で焼成する方法が好ましい。この焼成により、原料粉末の周囲に酸化物が形成され、この酸化物が焼結助剤として作用することにより焼結が促進されるが、上記方法により、焼結助剤が焼結体中に均一に分散するため、少量で炭化物セラミック全

体の焼結が促進され、均一構造を有し、緻密な焼結体を製造することができるからである。

【0017】本発明のセラミック基板の直径は200mmを超えるものが望ましい。200mmを超えた大きなセラミック基板ほど、反りが大きくなり、本発明の効果も大きくなるからである。特に12インチ（300mm）以上であることが望ましい。次世代の半導体ウエハの主流となるからである。

【0018】上記セラミック基板の気孔率は、0または5%以下であることが望ましい。気孔が5%を超えると、熱伝導率が低下したり、高温で反りが発生するおそれがあるからである。また、セラミック中には、気孔が存在しない方が望ましいが、気孔が存在する場合には、その最大気孔径は、50μm以下であることが望ましい。最大気孔径が50μm以下であれば、100℃以上の温度でも絶縁破壊が生じにくく、また、100℃以上の温度でも、反りが発生しにくいからである。最大気孔径は、同じ条件で製造した5個のサンプルを用意し、各サンプルの表面を鏡面研磨して、その研磨面の10箇所を5000倍の電子顕微鏡で撮影し、撮影された気孔のうち、最大のものを選ぶ。そして、50枚の写真における50個の選ばれた気孔径の平均値を、その条件で製造したセラミック基板の最大気孔径とする。

【0019】また、本発明の半導体装置用セラミック基板では、25～800℃までの温度範囲におけるヤング率が280GPa以上であるセラミック基板を使用することが望ましい。ヤング率が280GPa未満であると、剛性が低すぎるため、加熱時の反り量を小さくすることが困難となり、その反りに起因して、半導体ウエハとセラミック基板との距離が変わってしまい、本発明のセラミック基板をヒータとして用いる場合、半導体ウエハの温度にばらつきが発生するおそれがあるからである。

【0020】また、本発明の半導体装置用セラミック基板を構成する炭化物セラミックとしては、金属炭化物セラミック、例えば、炭化珪素、炭化ホウ素、炭化チタン等が挙げられる。

【0021】本発明においては、セラミック基板中に焼結助剤を含有することが望ましい。焼結助剤としては、例えば、炭化ホウ素、カーボン、窒化アルミニウムなどを使用することができる。また、シリカ等の酸化物を焼結助剤として添加することにより、上記セラミック基板中に、酸素を含有させることも可能である。

【0022】本発明では、セラミック基板中に50～5000ppmのカーボンを含有していることが望ましい。カーボンを含有させることにより、セラミック基板を黒色化することができ、ヒータとして使用する際に輻射熱を充分に利用することができるからである。カーボンは、非晶質のものであっても、結晶質のものであってもよい。非晶質のカーボンを使用した場合には、高温に

おける体積抵抗率の低下を防止することができ、結晶質のものを使用した場合には、高温における熱伝導率の低下を防止することができるからである。従って、用途によっては、結晶質のカーボンと非晶質のカーボンの両方を併用してもよい。また、カーボンの含有量は、100～5000ppmがより好ましい。

【0023】セラミック基板にカーボンを含有させる場合には、その明度がJIS Z 8721の規定に基づく値でN6以下となるようにカーボンを含有させることが望ましい。この程度の明度を有するものが輻射熱量、
10 隠蔽性に優れるからである。

【0024】ここで、明度のNは、理想的な黒の明度を0とし、理想的な白の明度を10とし、これらの黒の明度と白の明度との間で、その色の明るさの知覚が等歩度となるように各色を10分割し、N0～N10の記号で表示したものである。実際の明度の測定は、N0～N10に対応する色票と比較して行う。この場合の小数点1位は0または5とする。

【0025】本発明の半導体装置用セラミック基板は、半導体の製造や半導体の検査を行うための装置に用いられ
20 れるセラミック基板であるが、上記半導体装置用セラミック基板に形成された導体層の材料、形状、位置、機能等により、用途の異なる装置となる。具体的な装置としては、例えば、ホットプレート（セラミックヒータ）、静電チャック、ウエハプローバ、サセプタ等が挙げられる。

【0026】本発明の半導体装置用セラミック基板に形成された導体層が、抵抗発熱体である場合、セラミック基板は、ホットプレート（セラミックヒータ）として機能する。
30

【0027】図1は、本発明に係るセラミックヒータを模式的に示した部分拡大断面図であり、図2は、図1のセラミックヒータを模式的に示した底面図である。

【0028】セラミックヒータ90において、セラミック基板91は円板形状に形成されており、セラミックヒータ90の加熱面91a全体の温度が均一になるように加熱するため、セラミック基板91の底面91bに、絶縁体層96を介して、図2に示した同心円状のパターンからなる抵抗発熱体92が形成されている。さらに、抵抗発熱体92の両端に、入出力の端子となる外部端子9
40 3が金属被覆層92aを介して接続されており、また、外部端子93には、例えば、導電線を有するソケット（図示せず）が取り付けられ、この導電線は電源等に接続されている。

【0029】また、セラミック基板91の中央に近い部分には、半導体ウエハ9の運搬等を行うリフターピン99を押通すための貫通孔95が形成され、さらに測温素子（図示せず）を挿入するための有底孔94が形成されている。

【0030】図1、2では、抵抗発熱体92がセラミッ
50

ク基板91の表面（底面）に形成されているが、本発明に係るセラミックヒータにおいて、抵抗発熱体はセラミック基板の内部に埋設されていてもよい。

【0031】図3は、本発明に係るセラミックヒータの他の実施形態を模式的に示した部分拡大断面図である。

【0032】セラミックヒータ30において、セラミック基板31は円板形状に形成されている。また、セラミック基板31の内部に、絶縁体層36が形成されているとともに、絶縁体層36の内部に、図2に示した抵抗発熱体92と同様のパターンからなる、抵抗発熱体32が形成されており、抵抗発熱体32の絶縁性が確保されている。

【0033】抵抗発熱体32の端部の直下には、図3に示すように、スルーホール38が形成され、さらに、このスルーホール38を露出させる袋孔38aが底面31bに形成され、袋孔38aには外部端子33が挿入され、ろう材等（図示せず）で接合されている。また、外部端子33には、例えば、導電線を有するソケット（図示せず）が取り付けられ、この導電線は電源等に接続されている。

【0034】本発明のセラミックヒータにおいて、セラミック基板には、被加熱物を載置する加熱面の反対側から、加熱面に向けて有底孔を設けるとともに、有底孔の底を抵抗発熱体よりも相対的に加熱面に近く形成し、この有底孔に熱電対等の測温素子（図示せず）を設けることが望ましい。

【0035】また、有底孔の底と加熱面との距離は、0.1mm～セラミック基板の厚さの1/2であることが望ましい。これにより、測温場所が抵抗発熱体よりも加熱面に近くなり、より正確な半導体ウエハの温度の測定が可能となるからである。

【0036】有底孔の底と加熱面との距離が0.1mm未満では、放熱してしまい、加熱面に温度分布が形成され、厚さの1/2を超えると、抵抗発熱体の温度の影響を受けやすくなり、温度制御できなくなり、やはり加熱面に温度分布が形成されてしまうからである。

【0037】有底孔の直径は、0.3～5mmであることが望ましい。これは、大きすぎると放熱性が大きくなり、また、小さすぎると加工性が低下して加熱面との距離を均等にすることができなくなるからである。

【0038】有底孔は、図2に示したように、セラミック基板の中心に対して対称で、かつ、十字を形成するように複数配列することが望ましい。これは、加熱面全体の温度を測定することができるからである。

【0039】上記測温素子としては、例えば、熱電対、白金測温抵抗体、サーミスタ等が挙げられる。また、上記熱電対としては、例えば、JIS-C-1602（1980）に挙げられるように、K型、R型、B型、S型、E型、J型、T型熱電対等が挙げられるが、これらのなかでは、K型熱電対が好ましい。

【0040】上記熱電対の接合部の大きさは、素線の径と同じか、または、それよりも大きく、0.5mm以下であることが望ましい。これは、接合部が大きい場合、熱容量が大きくなって応答性が低下してしまうからである。なお、素線の径より小さくすることは困難である。

【0041】上記測温素子は、金ろう、銀ろう等を使用して、有底孔の底に接着してもよく、有底孔に挿入した後、耐熱性樹脂で封止してもよく、両者を併用してもよい。上記耐熱性樹脂としては、例えば、熱硬化性樹脂、特にエポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミドトリアジン樹脂等が挙げられる。これらの樹脂は、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0042】上記金ろうとしては、37~80.5重量%：Au-63~19.5重量%：Cu合金、81.5~82.5重量%：Au-18.5~17.5重量%：Ni合金から選ばれる少なくとも1種が望ましい。これらは、熔融温度が、900℃以上であり、高温領域でも熔融しにくいからである。銀ろうとしては、例えば、Ag-Cu系のものを使用することができる。

【0043】上記抵抗発熱体は、図1に示したように、セラミック基板の表面（底面）に設けられていてもよく、セラミック基板の内部に設けられていてもよい。抵抗発熱体を設ける場合は、セラミック基板を嵌め込み、支持する支持容器に、冷却手段としてエアー等の冷媒の吹きつけ口などを設けてもよい。

【0044】上記抵抗発熱体としては、例えば、金属または導電性セラミックの焼結体、金属箔、金属線等が挙げられる。金属焼結体としては、タングステン、モリブデンから選ばれる少なくとも1種が好ましい。これらの金属は比較的酸化しにくく、発熱するに十分な抵抗値を有するからである。

【0045】また、導電性セラミックとしては、タングステン、モリブデンの炭化物から選ばれる少なくとも1種を使用することができる。さらに、セラミック基板の底面に抵抗発熱体を形成する場合には、金属焼結体としては、貴金属（金、銀、パラジウム、白金）、ニッケルを使用することが望ましい。具体的には銀、銀-パラジウムなどを使用することができる。上記金属焼結体を使用される金属粒子は、球状、リン片状、もしくは球状とリン片状の混合物を使用することができる。

【0046】金属焼結体からなる抵抗発熱体をセラミック基板の表面に設ける場合、金属焼結体中には、金属酸化物を添加してもよい。上記金属酸化物を使用するのは、セラミック基板と金属粒子を密着させるためである。上記金属酸化物により、セラミック基板と金属粒子との密着性が改善される理由は明確ではないが、金属粒子の表面はわずかに酸化膜が形成されており、セラミック基板は、酸化物の場合は勿論、非酸化物セラミックである場合にも、その表面には酸化膜が形成されている。従って、この酸化膜が金属酸化物を介してセラミック基

板表面で焼結して一体化し、金属粒子とセラミック基板とが密着するのではないかと考えられる。

【0047】上記金属酸化物としては、例えば、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素（ B_2O_3 ）、アルミナ、イットリア、チタニアから選ばれる少なくとも1種が好ましい。これらの酸化物は、抵抗発熱体の抵抗値を大きくすることなく、金属粒子とセラミック基板との密着性を改善できるからである。

【0048】上記金属酸化物は、金属粒子100重量部に対して0.1重量部以上10重量部未満であることが望ましい。この範囲で金属酸化物を用いることにより、抵抗値が大きくなりすぎず、金属粒子とセラミック基板との密着性を改善することができるからである。

【0049】また、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素（ B_2O_3 ）、アルミナ、イットリア、チタニアの割合は、金属酸化物の全量を100重量部とした場合に、酸化鉛が1~10重量部、シリカが1~30重量部、酸化ホウ素が5~50重量部、酸化亜鉛が20~70重量部、アルミナが1~10重量部、イットリアが1~50重量部、チタニアが1~50重量部が好ましい。但し、これらの合計が100重量部を超えない範囲で調整されることが望ましい。これらの範囲が特にセラミック基板との密着性を改善できる範囲だからである。

【0050】抵抗発熱体をセラミック基板の底面に設ける場合は、抵抗発熱体の表面は、金属層で被覆されていることが望ましい。抵抗発熱体は、金属粒子の焼結体であり、露出していると酸化しやすく、この酸化により抵抗値が変化してしまう。そこで、表面を金属層で被覆することにより、酸化を防止することができるのである。

【0051】金属層の厚さは、0.1~10μmが望ましい。抵抗発熱体の抵抗値を変化させることなく、抵抗発熱体の酸化を防止することができる範囲だからである。被覆に使用される金属は、非酸化性の金属であればよい。具体的には、金、銀、パラジウム、白金、ニッケルから選ばれる少なくとも1種以上が好ましい。なかでもニッケルがさらに好ましい。抵抗発熱体には電源と接続するための外部端子が必要であり、この外部端子は、半田を介して抵抗発熱体に取り付けるが、ニッケルは半田の熱拡散を防止するからである。接続端子としては、コバール製の端子ピンを使用することができる。

【0052】なお、抵抗発熱体をヒータ板内部に形成する場合は、抵抗発熱体表面が酸化されることがないため、被覆は不要である。抵抗発熱体をヒータ板内部に形成する場合、抵抗発熱体の表面の一部が露出していてもよい。

【0053】抵抗発熱体として使用する金属箔としては、ニッケル箔、ステンレス箔をエッチング等でパターン形成して抵抗発熱体としたものが望ましい。パターン化した金属箔は、樹脂フィルム等ではり合わせてもよい。金属線としては、例えば、タングステン線、モリブ

デン線等が挙げられる。

【0054】抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成する場合は、上記抵抗発熱体は、加熱面の反対側の面から厚さ方向に60%以下の位置に形成されていることが望ましい。60%を超えると、加熱面に近すぎるため、上記セラミック基板内を伝搬する熱が十分に拡散されず、加熱面に温度ばらつきが発生してしまうからである。

【0055】抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成する場合、発熱体形成層を複数層設けてもよい。この場合は、各層のパターンは、相互に補完するようにどこかの層に抵抗発熱体が形成され、加熱面の上方からみると、どの領域にもパターンが形成されている状態が望ましい。このような構造としては、例えば、互いに千鳥の配置になっている構造が挙げられる。なお、抵抗発熱体をセラミック基板の内部に設け、かつ、その抵抗発熱体を一部露出させてもよい。

【0056】また、本発明に係るセラミックヒータに形成される抵抗発熱体のパターンは、特に限定されるものではなく、図2に示した、同心円形状パターンのほかに、例えば、円弧の繰り返しパターンと同心円形状のパターンとを併用したパターン、屈曲線の繰り返しパターン、渦巻き状のパターン、偏心円状のパターン等を挙げることができる。また、これらのパターンは、単独で形成してもよく、これらのパターンを任意に組み合わせて形成してもよい。

【0057】抵抗発熱体の厚さは、1~30 μm が好ましく、1~10 μm がより好ましい。また、抵抗発熱体の幅は、0.1~20mmが好ましく、0.1~5mmがより好ましい。抵抗発熱体は、その幅や厚さにより抵抗値に変化を持たせることができるが、上記した範囲が最も実用的である。

【0058】抵抗発熱体は、断面形状が矩形であっても楕円であってもよいが、偏平であることが望ましい。偏平の方が加熱面に向かって放熱しやすいため、加熱面の温度分布がでにくいからである。断面のアスペクト比(抵抗発熱体の幅/抵抗発熱体の厚さ)は、10~500であることが望ましい。この範囲に調整することにより、抵抗発熱体の抵抗値を大きくすることができる。とともに、加熱面の温度の均一性を確保することができるからである。

【0059】抵抗発熱体の厚さを一定とした場合、アスペクト比が上記範囲より小さいと、セラミック基板の加熱面方向への熱の伝搬量が小さくなり、抵抗発熱体のパターンに近似した熱分布が加熱面に発生してしまい、逆にアスペクト比が大きすぎると抵抗発熱体の中央の直上部分が高温となってしまう。結局、抵抗発熱体のパターンに近似した熱分布が加熱面に発生してしまう。従って、温度分布を考慮すると、断面のアスペクト比は、10~5000であることが好ましいのである。

【0060】抵抗発熱体の抵抗値のばらつきに関し、平均抵抗値に対する抵抗値のばらつきは5%以下が望ましく、1%がより望ましい。本発明の抵抗発熱体は複数回路に分割しているが、このように抵抗値のばらつきを小さくすることにより、抵抗発熱体の分割数を減らすことができ温度を制御しやすくなることができる。さらに、昇温の過渡時の加熱面の温度を均一にすることが可能となる。

【0061】また、本発明に係るセラミックヒータでは、その内部または表面に形成される抵抗発熱体が、セラミック基板と接することがないように、上記セラミック基板と上記抵抗発熱体との間に、絶縁体層を形成することが望ましい。本発明に係るセラミックヒータは、炭化物セラミックから構成されているため、セラミック基板自体が常温で導電性が大きくなるか、または、高温領域において抵抗が低下するおそれがあり、セラミック基板と抵抗発熱体とが接するように、上記抵抗発熱体を形成すると、隣接する抵抗発熱体間にリーク電流が発生し、ヒータとして機能しなくなる場合があるからである。

【0062】上記絶縁体層としては、例えば、酸化物セラミックが使用される。このような酸化物セラミックとしては、例えば、シリカ、アルミナ、ムライト、コーージェライト、ベリリア等を挙げることができる。これらの酸化物セラミックは、単独で使用してもよく、2種以上を併用してもよい。

【0063】これらの材料からなる絶縁体層を形成する方法としては、例えば、アルコキシドを加水分解させたゾル溶液を用い、スピンコート等により塗布し、乾燥、焼成する方法を挙げることができる。また、CVDやスパッタリングにより絶縁体層を形成してもよく、ガラス粉ペーストを塗布した後、500~1000℃で焼成することにより、絶縁体層を形成してもよい。

【0064】上記絶縁層は、0.1~1000 μm であることが望ましい。0.1 μm 未満では、絶縁性を確保できず、1000 μm を超えると、抵抗発熱体からセラミック基板への熱伝導性を阻害してしまうからである。さらに、上記絶縁層の体積抵抗率は、上記セラミック基板の体積抵抗率の10倍以上(同一測定温度)であることが望ましい。10倍未満では、回路の短絡を防止できないからである。

【0065】上述のように、ホットプレート(セラミックヒータ)は、導体層として、セラミック基板の表面または内部に抵抗発熱体のみが設けられた装置であり、これにより、半導体ウエハ等の被加熱物を所定の温度に加熱することができる。一方、本発明の半導体装置用セラミック基板の内部に、導体層として静電電極が設けられた場合、本発明の半導体装置用セラミック基板は、静電チャックとして機能する。

【0066】図4は、本発明の半導体装置用セラミック

基板の一実施形態である静電チャックの一例を模式的に示した縦断面図であり、図5は、図4に示した静電チャックにおけるA-A線断面図である。

【0067】この静電チャック101では、平面視円形状のセラミック基板1の内部に、絶縁体層7が形成されるとともに、絶縁体層7の内部に、チャック正極静電層2とチャック負極静電層3とからなる静電電極層が埋設されている。また、静電チャック101上には、半導体ウエハ9が載置され、接地されている。

【0068】この静電電極層上に、該静電電極層を被覆するように形成されたセラミック層は、半導体ウエハを吸着するための誘電体膜として機能するので、以下においては、セラミック誘電体膜4ということとする。なお、本発明に係る静電チャックは、絶縁体層7の厚みを、誘電体膜として機能する程度に厚くすることにより、セラミック誘電体膜4を設けることなく、静電チャックとして機能させることも可能である。

【0069】図5に示したように、チャック正極静電層2は、半円弧状部2aと櫛歯部2bとからなり、チャック負極静電層3も、同じく半円弧状部3aと櫛歯部3bとからなり、これらのチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とは、櫛歯部2b、3bを交差するように対向して配置されており、このチャック正極静電層2およびチャック負極静電層3には、それぞれ直流電源の+側と-側とが接続され、直流電圧 V_2 が印加されるようになっている。

【0070】また、セラミック基板1の内部には、絶縁体層8が形成されるとともに、絶縁体層8の内部に、半導体ウエハ9の温度をコントロールするために、図2に示したような平面視同心円形状の抵抗発熱体5が設けられている。抵抗発熱体5の両端には、外部端子が接続、固定され、電圧 V_1 が印加されるようになっている。図4、5には示していないが、このセラミック基板1には、図2に示したセラミックヒータ90と同様で、測温素子を挿入するための有底孔とシリコンウエハ9を支持して上下させるリフターピンを挿通するための貫通孔が形成されている。なお、抵抗発熱体5は、セラミック基板1の底面に形成されていてもよい。また、セラミック基板1には、必要に応じてRF電極が埋設されていてもよい。

【0071】この静電チャック101を機能させる際には、チャック正極静電層2とチャック負極静電層3とに直流電圧 V_2 を印加する。これにより、半導体ウエハ9は、チャック正極静電層2とチャック負極静電層3との静電的な作用によりこれらの電極にセラミック誘電体膜4を介して吸着され、固定されることとなる。このようにして半導体ウエハ9を静電チャック101上に固定させた後、このシリコンウエハ9に、CVD等の種々の処理を施す。

【0072】上記静電チャックは、静電電極層と抵抗発

熱体とを備えており、例えば、図4、5に示したような構成を有するものである。以下においては、上記静電チャックを構成する各部材で、上記半導体装置用セラミック基板、および、本発明に係るセラミックヒータの説明で記載していないものについて、説明していくことにする。

【0073】上記静電電極上のセラミック誘電体膜4は、セラミック基板のほかの部分と同じ材料からなることが望ましい。同じ工程でグリーンシート等を作製することができ、これらを積層した後、一度の焼成でセラミック基板を製造することができるからである。

【0074】上記セラミック誘電体膜は、セラミック基板のほかの部分と同様に、カーボンを含含有していることが望ましい。静電電極を隠蔽することができ、輻射熱を利用することができるからである。

【0075】上記セラミック誘電体膜の厚さは、20～5000 μm であることが望ましい。上記セラミック誘電体膜の厚さが20 μm 未満であると、膜厚が薄すぎるために十分な耐電圧が得られず、半導体ウエハを載置し、吸着した際にセラミック誘電体膜が絶縁破壊する場合があります。一方、上記セラミック誘電体膜の厚さが5000 μm を超えると、半導体ウエハと静電電極との距離が遠くなるため、半導体ウエハを吸着する能力が低くなってしまふからである。セラミック誘電体膜の厚さは、50～2000 μm がより好ましい。

【0076】なお、本発明に係る静電チャックにおいて、静電電極を覆う絶縁体層の厚みを、誘電体膜として機能する程度に厚くすることにより、セラミック誘電体膜を設けることなく、静電チャックとして機能させることも可能である。

【0077】上記セラミック基板内に形成される静電電極としては、例えば、金属または導電性セラミックの焼結体、金属箔等が挙げられる。金属焼結体としては、タングステン、モリブデンから選ばれる少なくとも1種からなるものが好ましい。金属箔も、金属焼結体と同じ材質からなることが望ましい。これらの金属は比較的酸化しにくく、電極として十分な導電性を有するからである。また、導電性セラミックとしては、タングステン、モリブデンの炭化物から選ばれる少なくとも1種を使用することができる。

【0078】また、本発明に係る静電チャックでは、上述した本発明に係るセラミックヒータと同様で、セラミック基板の内部に形成される静電電極が、セラミック基板と接することがないように、上記セラミック基板と上記静電電極との間に、絶縁体層を形成することが望ましい。本発明に係る静電チャックは、炭化物セラミックから構成されているため、セラミック基板自体が常温で導電性が大きくなるか、または、高温領域において抵抗が低下するおそれがあり、セラミック基板と静電電極とが接するように、上記静電電極を形成すると、隣接する静

電電極間にショートが発生し、チャック力が発生しない場合があるからである。

【0079】図6および図7は、他の静電チャックにおける静電電極を模式的に示した水平断面図であり、図6に示す静電チャック210では、セラミック基板の内部において、絶縁体層7内に、半円形状のチャック正極静電層212とチャック負極静電層213とが形成されており、図7に示す静電チャック220では、セラミック基板の内部において、絶縁体層7内に、円を4分割した形状のチャック正極静電層222a、222bとチャック負極静電層223a、223bとが形成されている。

【0080】また、2枚の正極静電層222a、222bおよび2枚のチャック負極静電層223a、223bは、それぞれ交差するように形成されている。なお、円形等の電極が分割された形態の電極を形成する場合、その分割数は特に限定されず、5分割以上であってもよく、その形状も扇形に限定されない。

【0081】本発明の半導体装置用セラミック基板の表面および内部に導体層が配設され、上記内部の導体層が、ガード電極またはグランド電極のいずれか少なくとも一方である場合には、上記セラミック基板は、ウエハプローバとして機能する。

【0082】図8は、本発明のウエハプローバの一実施形態を模式的に示した断面図であり、図9は、図8に示したウエハプローバにおけるA-A線断面図である。このウエハプローバ40では、平面視円形状のセラミック基板43の表面に平面視同心円形状の溝47が形成されるとともに、溝47の一部に半導体ウエハを吸引するための複数の吸引孔48が設けられており、溝47を含むセラミック基板43の大部分に半導体ウエハの電極と接続するためのチャックトップ導体層42が円形状に形成されている。

【0083】一方、セラミック基板43の底面には、半導体ウエハの温度をコントロールするために、図2に示したような平面視同心円形状の抵抗発熱体49が設けられており、抵抗発熱体49の両端には、外部端子（図示せず）が接続、固定されている。なお、抵抗発熱体49のショート等を防ぐため、抵抗発熱体49とセラミック基板43との間には、絶縁体層44cが形成されている。

【0084】セラミック基板43の内部において、ストレイキャパシタやノイズを除去するため、平面視格子形状のガード電極45とグランド電極46（図9参照）とが、それぞれ絶縁体層44a、44b内に設けられている。なお、ガード電極45とグランド電極46の材質は、静電電極と同様のものをを用いることができる。

【0085】上記チャックトップ導体層の厚さは、1～20μmが望ましい。1μm未満では抵抗値が高くなりすぎて電極として働かず、一方、20μmを超えると導体の持つ応力によって剥離しやすくなってしまいうからで

ある。

【0086】チャックトップ導体層としては、例えば、銅、チタン、クロム、ニッケル、貴金属（金、銀、白金等）、タングステン、モリブデンなどの高融点金属から選ばれる少なくとも1種の金属を使用することができる。

【0087】このような構成のウエハプローバでは、その上に集積回路が形成されたシリコンウエハを載置した後、この半導体ウエハにテストピンを持つプローブカードを押しつけ、加熱、冷却しながら電圧を印加して導通テストを行うことができる。

【0088】次に、本発明の半導体装置用セラミック基板の製造方法に関し、ホットプレート（セラミックヒータ）の製造方法を一例として、図10（a）～（d）に示した断面図に基づき説明する。

【0089】（1）セラミック基板の作製工程
まず、炭化物セラミック粉体を空気中で30分から6時間焼成して、該炭化物セラミック粉体に酸素を含有させ、その後、バインダおよび溶媒と混合してスラリーを調製し、このスラリーをスプレードライ等の方法で顆粒状にし、この顆粒を金型などに入れて加圧することにより板状などに成形し、生成形体（グリーン）を作製する。なお、上記生成形体は、焼結、加工した後、厚さが2.5mm以下となるように作製する。

【0090】上述したセラミック粉体としては、例えば、炭化珪素などを使用することができ、必要に応じて、炭化ホウ素、カーボン、窒化アルミニウムなどの焼結助剤などを加えてもよい。また、炭化物セラミックに酸素を含有させるため、焼結助剤として、シリカ等の酸化物を添加してもよい。

【0091】次に、生成形体を加熱、焼成して焼結させ、セラミック製の板状体を製造する。この後、所定の形状に加工することにより、セラミック基板91を製造するが、焼成後にそのまま使用することができる形状としてもよい。

【0092】加圧しながら加熱、焼成を行うことにより、気孔のないセラミック基板91を製造することが可能となる。加熱、焼成は、焼結温度以上であればよいが、本発明に係るセラミックヒータでは、炭化物セラミックが用いられるので、加熱、焼成温度は、1500～2000℃である。

【0093】次に、セラミック基板91の表面にガラスペーストを塗布し、焼成処理を行うことにより、絶縁体層96を有するセラミック基板91を製造する。また、セラミック基板91に、必要に応じて、半導体ウエハを支持するためのリフターピンを挿入する貫通孔95となる部分や熱電対等の測温素子（図示せず）を埋め込むための有底孔94となる部分を形成する（図10（a）参照）。

【0094】（2）セラミック基板に導体ペーストを

印刷する工程

導体ペーストは、2 種以上の貴金属等からなる金属粒子、樹脂、溶剤からなる粘度の高い流動物である。この導体ペーストをスクリーン印刷などを用い、抵抗発熱体パターンとなる導体ペースト層を形成する。

【0095】なお、抵抗発熱体パターンとして、例えば、図2に示した同心円形状のパターン、円弧の繰り返しパターン、屈曲線の繰り返しパターン等が挙げられる。また、導体ペースト層は、焼成後の抵抗発熱体92の断面が、方形で、偏平な形状となるように形成することが望ましい。

【0096】(3) 導体ペーストの焼成

セラミック基板91の底面に印刷した導体ペースト層を加熱焼成して、樹脂、溶剤を除去するとともに、金属粒子を焼結させ、セラミック基板91の底面に焼き付け、抵抗発熱体92を形成する(図10(b)参照)。加熱焼成の温度は、500~1000℃が好ましい。導体ペースト中に上述した酸化物を添加しておく、金属粒子、セラミック基板および酸化物が焼結して一体化するため、抵抗発熱体とセラミック基板との密着性が向上する。

【0097】(4) 金属被覆層の形成

抵抗発熱体92表面には、金属被覆層92aを設ける(図10(c)参照)。金属被覆層92aは、電解めっき、無電解めっき、スパッタリング等により形成することができるが、量産性を考慮すると、無電解めっきが最適である。

【0098】(5) 端子等の取り付け

抵抗発熱体92のパターンの端部に電源との接続のための端子(外部端子93)を半田で取り付ける。また、有底孔94に銀ろう、金ろうなどで熱電対等の測温素子(図示せず)を固定し、ポリイミド等の耐熱樹脂で封止し、セラミックヒータ90の製造を終了する(図10(d)参照)。

【0099】次に、本発明の半導体装置用セラミック基板の製造方法に関し、静電チャックの製造方法を一例として、図11に示した断面図に基づき説明する。

【0100】(1) グリーンシートの作製工程

まず、炭化物セラミック粉体を空気中で30分から6時間焼成して、該炭化物セラミック粉体に酸素を含有させ、その後、バインダおよび溶媒と混合して混合組成物を調製し、成形を行うことにより、グリーンシート50を作製する。カーボンを含む場合には、目的とする特性に応じて、上述した結晶質カーボンまたは非晶質カーボンを使用し、その量を調節する。

【0101】上述したセラミック粉体としては、例えば、炭化珪素などを使用することができ、必要に応じて、炭化ホウ素、カーボン、窒化アルミニウムなどの焼結助剤などを加えてもよい。また、炭化物セラミックに酸素を含有させるため、焼結助剤として、シリカ等の酸

化物を添加してもよい。

【0102】後述する静電電極層印刷体51が形成されたグリーンシートの上に積層する数枚または1枚のグリーンシート50'は、セラミック誘電体膜となる層であるので、目的等により、その組成をセラミック基板と異なる組成としてもよい。また、まず先にセラミック基板を製造しておき、その上に静電電極層を形成し、さらにその上にセラミック誘電体膜を形成することもできる。

【0103】また、バインダとしては、アクリル系バインダ、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。さらに、溶媒としては、 α -テルピネオール、グリコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。これらを混合して得られるスラリーをドクターブレード法でシート状に成形してグリーンシート50を作製する。

【0104】グリーンシート50に、必要に応じて半導体ウエハの支持ピンを挿入する貫通孔や熱電対等の測温素子を埋め込む凹部を設けておくことができる。貫通孔や凹部は、パンチングなどで形成することができる。グリーンシート50の厚さは、0.1~5mm程度が好ましい。

【0105】(2) 次に、グリーンシート50に、絶縁体層となるガラスペーストを塗布し、さらに、その上に静電電極層や抵抗発熱体となる導体ペーストを印刷する。印刷は、グリーンシート50の収縮率を考慮して所望のアスペクト比が得られるように行い、これにより静電電極層印刷体51、抵抗発熱体層印刷体52を得る。印刷体は、導電性セラミック、金属粒子などを含む導体ペーストを印刷することにより形成する。

【0106】これらの導体ペースト中に含まれる導電性セラミック粒子としては、タングステンまたはモリブデンの炭化物が最適である。酸化しにくく、熱伝導率が低下しにくいからである。また、金属粒子としては、例えば、タングステン、モリブデン、白金、ニッケルなどを使用することができる。

【0107】導電性セラミック粒子、金属粒子の平均粒子径は0.1~5 μ mが好ましい。これらの粒子は、大きすぎても小さすぎても導体ペーストを印刷しにくいからである。

【0108】このようなペーストとしては、金属粒子または導電性セラミック粒子85~97重量部、アクリル系、エチルセルロース、ブチルセロソルブおよびポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも1種のバインダ1.5~10重量部、 α -テルピネオール、グリコール、エチルアルコールおよびブタノールから選ばれる少なくとも1種の溶媒を1.5~10重量部混合して調製した導体ペーストが最適である。さらに、パンチング等で形成した孔に、導体ペーストを充填してスルーホール印刷体53、54を得る。

【0109】(3) 次に、図11(a)に示すように、

印刷体 51、52、53、54 を有するグリーンシート 50 と、印刷体を有さないグリーンシート 50' とを積層する。静電電極層印刷体 51 が形成されたグリーンシート上には、数枚または 1 枚のグリーンシート 50 を積層し、積層体を作製する。このとき、印刷体 51、52、53、54 を有するグリーンシート 50 の上に積層するグリーンシートは、ガラスペースト層が下になるようにし、導体ペースト層を上下からガラスペースト層で挟み、サンドイッチ状態とする。なお、上記積層体は、焼成、加工した後、厚さが 2.5 mm 以下となるように作製する。抵抗発熱体形成側に印刷体を有さないグリーンシート 50' を積層するのは、スルーホール端面が露出して、抵抗発熱体形成の焼成の際に酸化してしまうことを防止するためである。もしスルーホール端面が露出したまま、抵抗発熱体形成の焼成を行うのであれば、ニッケルなどの酸化しにくい金属をスパッタリングする必要があり、さらに好ましくは、Au-Ni の金ろうで被覆してもよい。

【0110】(4) 次に、図 11 (b) に示すように、積層体の加熱および加圧を行い、グリーンシート中のセラミック粉末および導体ペースト中の金属粒子を焼結させる。加熱温度は、1000~2000℃、加圧は 10~20 MPa (100~200 kg/cm²) が好ましく、これらの加熱および加圧は、不活性ガス雰囲気下で行う。不活性ガスとしては、アルゴン、窒素などを使用することができる。この工程で、スルーホール 16、17、チャック正極静電層 2、チャック負極静電層 3、抵抗発熱体 5 等が形成される。

【0111】(5) 次に、図 11 (c) に示すように、外部端子接続のための袋孔 13、14 を設ける。袋孔 13、14 の内壁は、その少なくともその一部が導電化され、導電化された内壁は、チャック正極静電層 2、チャック負極静電層 3、抵抗発熱体 5 等と接続されていることが望ましい。

【0112】(6) 最後に、図 11 (d) に示すように、袋孔 13、14 に金ろうを介して外部端子 6、18 を設ける。さらに、必要に応じて、有底孔を設け、その内部に熱電対等の測温素子を埋め込むことができる。

【0113】半田は銀-鉛、鉛-スズ、ビスマ-スズなどの合金を使用することができる。なお、半田層の厚さは、0.1~50 μm が望ましい。半田による接続を確保するに十分な範囲だからである。

【0114】なお、上記説明では、セラミックヒータ 90 (図 1 参照)、および、静電チャック 101 (図 4 参照) を例にしたが、ウエハプローバを製造する場合には、例えば、静電チャックの場合と同様に、初めに抵抗発熱体が埋設されたセラミック基板を製造し、その後、セラミック基板の表面に溝を形成し、続いて、溝が形成された表面部分にスパッタリングおよびめっき等を施して、金属層を形成すればよい。

【0115】

【実施例】以下、本発明をさらに詳細に説明する。

【0116】(実施例 1~6) (図 1 参照)

(1) 炭化珪素粉末 (平均粒径: 1.1 μm 屋久島電工株式会社製 ダイヤシック) 100 重量部を空気中で焼成した。なお、焼成した時間は、実施例 1~3 では 1 時間であり、実施例 4 および 5 では 6 時間であり、実施例 6 では 10 時間であった。その後、カーボン 0.5 重量部、炭化ホウ素 5 重量部、アクリルバインダ 12 重量部およびアルコールを添加し、得られた組成物のスプレードライを行い、顆粒状の粉末を作製した。

【0117】(2) 次に、この顆粒状の粉末を金型に入れ、平板状に成形して生成形体 (グリーン) を作製した。

(3) 続いて、この生成形体を 1890℃、圧力: 20 MPa (200 kg/cm²) でホットプレスし、厚さが 20 mm (実施例 1)、15 mm (実施例 2)、10 mm (実施例 3)、5 mm (実施例 4)、3 mm (実施例 5)、3 mm (実施例 6) の炭化珪素板状体を得た。次に、この板状体から直径 210 mm の円板状体を切り出し、セラミック製の板状体 (セラミック基板) 91 とした。

【0118】次に、PbO 30 重量%、SiO₂ 50 重量%、B₂O₃ 15 重量%、Al₂O₃ 3 重量%、Cr₂O₃ 2 重量% からなる組成のガラス粉末 87 重量部に、ビヒクル 3 重量部、溶剤 10 重量部を添加してガラスペーストを調製した。そして、得られたセラミック基板の表面に、上記ガラスペーストを塗布し、120℃で乾燥させた後、680℃、10 分間の条件で加熱することにより、絶縁体層 96 を形成した。次に、絶縁体層 96 を有するセラミック基板 91 にドリル加工を施し、リフターピンを挿通する貫通孔 95 となる部分、熱電対等の測温素子 (図示せず) を埋め込むための有底孔 94 となる部分 (直径: 1.1 mm、深さ: 2 mm) を形成した。

【0119】(4) 上記 (3) で得たセラミック基板 91 に、スクリーン印刷にて導体ペーストを印刷した。印刷パターンは、同心円状のパターンとした。導体ペーストとしては、プリント配線板のスルーホール形成に使用されている徳力化学研究所製のソルベスト PS603D を使用した。この導体ペーストは、銀-鉛ペーストであり、銀 100 重量部に対して、酸化鉛 (5 重量%)、酸化亜鉛 (55 重量%)、シリカ (10 重量%)、酸化ホウ素 (25 重量%) およびアルミナ (5 重量%) からなる金属酸化物を 7.5 重量部含むものであった。また、銀粒子は、平均粒径が 4.5 μm で、リン片状のものであった。

【0120】(5) 次に、導体ペーストを印刷したセラミック基板を 780℃で加熱、焼成して、導体ペースト中の銀、鉛を焼結させるとともにセラミック基板 91 に

焼き付け、抵抗発熱体 92 を形成した。銀-鉛の抵抗発熱体は、厚さが $5\mu\text{m}$ 、幅 2.4mm 、面積抵抗率が $7.7\text{m}\Omega/\square$ であった。

【0121】(6) 硫酸ニッケル $80\text{g}/\text{l}$ 、次亜リン酸ナトリウム $24\text{g}/\text{l}$ 、酢酸ナトリウム $12\text{g}/\text{l}$ 、ほう酸 $8\text{g}/\text{l}$ 、塩化アンモニウム $6\text{g}/\text{l}$ の濃度の水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴に上記(5)で作製したセラミック基板 91 を浸漬し、銀-鉛の抵抗発熱体 92 の表面に厚さ $1\mu\text{m}$ の金属被覆層(ニッケル層) 92a を析出させた。

【0122】(7) 電源との接続を確保するための外部端子 93 を取り付け部分に、スクリーン印刷により、Ni-Au ろう材を印刷して形成した。ついで、この上にコパル製の外部端子 93 を載置し、温度制御のための熱電対を挿入後、 $81.7\text{Au}-18.3\text{Ni}$ の金ろうで接続し、(1030°C で加熱して融着)、図 1 に示すセラミックヒータ 90 を得た。

【0123】(比較例 1~2) 原料である炭化珪素粉末の焼成を全く実施せず、また、セラミック基板の厚さを 3mm (比較例 1)、 15mm (比較例 2) とした以外は、実施例 5 と同様にして、セラミックヒータを作製した。

【0124】(比較例 3) 基板の厚さを 30mm とした以外は、実施例 5 と同様にして、セラミックヒータを作製した。

【0125】(比較例 4) 原料である炭化珪素粉末の焼成を全く実施せず、また、セラミック基板の厚さを 30mm とした以外は、実施例 1 と同様にして、セラミックヒータを作製した。

【0126】(実施例 7) 静電チャック(図 4 および 5) の製造(図 11 参照)

(1) 炭化珪素粉末(平均粒径: $1.1\mu\text{m}$ 屋久島電工株式会社製 ダイヤシック) 100 重量部を空气中で 1 時間焼成した。カーボン 0.5 重量部、炭化ホウ素 5 重量部、焼成した炭化珪素粉末、アクリル系バインダ 0.09 重量部および 1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール 53 重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法による成形を行って、厚さ 0.47mm のグリーンシート 50 を得た。

【0127】(2) 次に、これらのグリーンシート 50 を 80°C で 5 時間乾燥させた後、加工が必要なグリーンシートに対し、パンチングにより直径 1.8mm 、 3.0mm 、 5.0mm の半導体ウエハ支持ピンを挿入する貫通孔となる部分、外部端子と接続するためのスルーホールとなる部分を設けた。さらにグリーンシート表面に、実施例 1 で用いたガラスペーストを塗布し、乾燥させた。

【0128】(3) 平均粒子径 $1\mu\text{m}$ のタングステンカーバイト粒子 100 重量部、アクリル系バインダ 3.0 重量部、 α -テルピネオール溶媒 3.5 重量部および分

散剤 0.3 重量部を混合して導体ペースト A を調製した。平均粒子径 $3\mu\text{m}$ のタングステン粒子 100 重量部、アクリル系バインダ 1.9 重量部、 α -テルピネオール溶媒 3.7 重量部および分散剤 0.2 重量部を混合して導体ペースト B を調製した。ガラスペーストを塗布したグリーンシート 50 上に、導電性ペースト A をスクリーン印刷で印刷し、導体ペースト層を形成した。印刷パターンは、図 2 に示したような同心円パターンとした。また、他のガラスペーストを塗布したグリーンシート 50 に図 5 に示した形状の静電電極パターンからなる導体ペースト層を形成した。

【0129】(4) さらに、外部端子を接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペースト B を充填した。抵抗発熱体のパターンが形成されたグリーンシート 50 に、さらに、タングステンペーストが印刷されておらずガラスペーストが塗布されたグリーンシート 50' を、ガラスペーストが塗布された面が下になるように積層し、導体ペースト層を上下から、ガラスペーストが塗布された面で挟み、サンドイッチ状態とした。その上側(加熱面)に、タングステンペーストが印刷されておらずガラスペーストも塗布されていないグリーンシートを 33 枚積層し、下側に 13 枚積層した。さらに、その上に静電電極パターンからなる導体ペースト層を印刷したグリーンシート 50 を積層し、ガラスペーストが塗布されたグリーンシート 50' を、ガラスペーストが塗布された面が下になるように積層し、静電電極パターンからなる導体ペースト層を上下から、ガラスペーストが塗布された面で挟み、サンドイッチ状態とした。さらにその上にタングステンペーストを印刷していないグリーンシート 50' を 1 枚積層し、これらを 130°C 、 8MPa ($80\text{kg}/\text{cm}^2$) の圧力で圧着して積層体を形成した(図 11(a) 参照)。

【0130】(5) 次に、得られた積層体を窒素ガス中、 600°C で 5 時間脱脂し、 1900°C 、圧力 15MPa ($150\text{kg}/\text{cm}^2$) で 3 時間ホットプレスし、厚さ 3mm の炭化珪素板状体を得た。これを直径 300mm の円板状に切り出し、内部に厚さ $6\mu\text{m}$ 、幅 10mm の抵抗発熱体 5 および厚さ $10\mu\text{m}$ のチャック正極静電層 2、チャック負極静電層 3 を有する炭化珪素製の板状体とした(図 11(b) 参照)。

【0131】(6) 次に、(3) で得られた板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC 等によるブラスト処理で表面に熱電対のための有底孔(直径: 1.2mm 、深さ: 2.0mm) を設けた。

【0132】(7) さらに、スルーホールが形成されている部分をえぐり取って袋孔 13、14 とし(図 11(c) 参照)、この袋孔 13、14 に Ni-Au からなる金ろうを用い、 700°C で加熱リフローしてコパル製の外部端子 6、18 を接続させた(図 11(d) 参照)。なお、外部端子の接続は、タングステンの支持体

が3点で支持する構造が望ましい。接続信頼性を確保することができるからである。

【0133】(8)次に、温度制御のための複数の熱電対を有底孔に埋め込み、抵抗発熱体を有する静電チャックの製造を完了した。

【0134】(実施例8)ウエハブローバ40(図8~9参照)の製造

(1)次に、炭化珪素粉末(平均粒径:1.1 μm 屋久島電工株式会社製 ダイヤシック)100重量部を空气中で1時間焼成した。カーボン0.5重量部、炭化ホウ素5重量部、焼成した炭化珪素粉末、アクリル系バインダ0.09重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール53重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法による成形を行って、厚さ0.47mmのグリーンシート50を得た。

【0135】(2)次に、このグリーンシートを80℃で5時間乾燥させた後、パンチングにて抵抗発熱体と外部端子と接続するためのスルーホール用の貫通孔を設けた。さらに、ガラスペーストを塗布した。

【0136】平均粒子径1 μm のタングステンカーバイド粒子100重量部、アクリル系バインダ3.0重量部、 α -テルピネオール溶媒3.5重量および分散剤0.3重量部を混合して導体ペーストAとした。また、平均粒子径3 μm のタングステン粒子100重量部、アクリル系バインダ1.9重量部、 α -テルピネオール溶媒を3.7重量部、分散剤0.2重量部を混合して導体ペーストBとした。

【0137】次に、ガラスペーストを塗布したグリーンシートに、この導体ペーストAを用いたスクリーン印刷で、格子状のガード電極用印刷体、グラウンド電極用印刷体を印刷した。また、外部端子と接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペーストBを充填した。

【0138】次に、ガード電極用印刷体、グラウンド電極用印刷体が印刷されたグリーンシートに、それぞれガラスペーストが塗布されたグリーンシートを積層し、上述した実施例7に係る静電チャックと同様で、ガード電極用印刷体、グラウンド電極用印刷体、それぞれ上下からガラスペースト層で挟みサンドイッチ状態とした。さらに、ガード電極およびグラウンド電極が、それぞれセラミック基板の内部に形成されるように、グリーンシートを積層し、130℃、8MPa(80kg/cm²)の圧力で一体化することにより積層体を作製した。なお、グリーンシートは、計50枚積層した。

【0139】(4)次に、この積層体を窒素ガス中で600℃で5時間脱脂し、1890℃、圧力15MPa(150kg/cm²)で3時間ホットプレスし、厚さ3mmの炭化珪素板状体を得た。得られた板状体を、直径300mmの円形状に切り出してセラミック製の板状体とした。スルーホール16の大きさは、直径0.2mm、深さ0.2mmであった。

【0140】また、ガード電極45、グラウンド電極46の厚さは10 μm 、ガード電極45の形成位置は、ウエハ載置面から1mm、グラウンド電極46の形成位置は、ウエハ載置面から1.2mmであった。また、ガード電極45およびグラウンド電極46の導体非形成領域46aの1辺の大きさは、0.5mmであった。さらに、セラミック板状体の表面に、ガラスペーストを塗布し、焼成処理を行うことにより、絶縁体層44cを形成した。

【0141】(5)上記(4)で得た板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC等によるブラスト処理で表面に熱電対のための凹部およびウエハ吸着用の溝47(幅0.5mm、深さ0.5mm)を設けた。

【0142】(6)さらに、ウエハ載置面に対向する面、すなわち、絶縁体層44cが形成された面に、抵抗発熱体49を形成するための層を印刷した。印刷は導電ペーストを用いた。導電ペーストは、プリント配線板のスルーホール形成に使用されている徳力化学研究所製のソルベストPS603Dを使用した。この導電ペーストは、銀/鉛ペーストであり、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素、アルミナからなる金属酸化物(それぞれの重量比率は、5/55/10/25/5)を銀100重量部に対して7.5重量部含むものであった。また、銀の形状は平均粒径4.5 μm でリン片状のものであった。

【0143】(7)導電ペーストを印刷したセラミック基板43を780℃で加熱焼成して、導電ペースト中の銀、鉛を焼結させるとともにセラミック基板43に焼き付けた。さらに硫酸ニッケル30g/l、ほう酸30g/l、塩化アンモニウム30g/lおよびロッシェル塩60g/lを含む水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴にセラミック基板43を浸漬して、銀の焼結体49の表面に厚さ1 μm 、ホウ素の含有量が1重量%以下のニッケル層(図示せず)を析出させた。この後、セラミック基板43に、120℃で3時間アニーリング処理を施した。銀の焼結体からなる抵抗発熱体は、厚さが5 μm 、幅2.4mmであり、面積抵抗率が7.7m Ω /□であった。

【0144】(8)溝47が形成された面に、スパッタリング法により、順次、チタン層、モリブデン層、ニッケル層を形成した。スパッタリングのための装置は、日本真空技術株式会社製のSV-4540を使用した。スパッタリングの条件は気圧0.6Pa、温度100℃、電力200Wであり、スパッタリング時間は、30秒から1分の範囲内で、各金属によって調整した。得られた膜の厚さは、蛍光X線分析計の画像から、チタン層は0.3 μm 、モリブデン層は2 μm 、ニッケル層は1 μm であった。

【0145】(9)硫酸ニッケル30g/l、ほう酸30g/l、塩化アンモニウム30g/lおよびロッシェ

ル塩 60 g / l を含む水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴に、上記 (8) で得られたセラミック板 43 を浸漬し、スパッタリングにより形成された金属層の表面に厚さ 7 μm、ホウ素の含有量が 1 重量%以下のニッケル層を析出させ、120℃で 3 時間アニーリングした。抵抗発熱体表面は、電流を流さず、電解ニッケルめっきで被覆されない。

【0146】さらに、表面にシアン化金カリウム 2 g / l、塩化アンモニウム 75 g / l、クエン酸ナトリウム 50 g / l および次亜リン酸ナトリウム 10 g / l を含む無電解金めっき液に、93℃の条件で 1 分間浸漬し、ニッケルめっき層上に厚さ 1 μm の金めっき層を形成した。

【0147】(10) 溝 47 から裏面に抜ける空気吸引孔 48 をドリル加工により形成し、さらにスルーホール 16 を露出させるための袋孔 (図示せず) を設けた。この袋孔に Ni-Au 合金 (Au 81.5 重量%、Ni 18.4 重量%、不純物 0.1 重量%) からなる金ろうを用い、970℃で加熱リフローしてコパール製の外部端子を接続させた。また、抵抗発熱体に半田 (スズ 90 重量% / 鉛 10 重量%) を介してコパール製の外部端子を形成した。

【0148】(11) 次に、温度制御のため、複数の熱電対を有底孔 (図示せず) に埋め込み、ウエハプローバヒータ 40 の製造を完了した。

【0149】上述した実施例 1~6 および比較例 1~4 に係るセラミックヒータ、実施例 7 に係る静電チャック、および、実施例 8 に係るウエハプローバを 400℃まで昇温し、以下の 2~4 の方法により評価した。結果を表 1 に示す。

30

$$C_p = \left\{ \frac{\Delta O}{\Delta T} - C_{p,G.C} \cdot W_{G.C} - C_{p,S.G} \cdot W_{S.G} \right\} \frac{1}{W}$$

【0154】上記計算式 (1) において、ΔO は、入力エネルギー、ΔT は、試料の温度上昇の飽和値、C_{p,G.C} は、グラッシーカーボンの比熱、W_{G.C} は、グラッシーカーボンの重量、C_{p,S.G} は、シリコングリースの比熱、W_{S.G} は、シリコングリースの重量、W は、試料の重量である。

4. 昇温時間と温度分布

【0150】評価方法

1. 酸素含有量

実施例、比較例にかかる焼結体と同条件で焼結させた試料をタングステン乳鉢で粉碎して粉末状とし、このうちから 0.01 g を採取して、酸素・窒素同時分析装置 (LECO 社製 TC-136 型) にかき、試料加熱温度 2200℃、加熱時間 30 秒の条件で酸素含有量を測定した。

【0151】2. 反り量

レーザ変位計 (キーエンス社製) を用いて、測定範囲 200 mm で、X 方向、Y 方向の反り量を測定し、大きい方を反り量として採用した。

【0152】3. 熱伝導率

a. 使用機器

リガクレーザーフラッシュ法熱定数測定装置
LF/TCM-FA8510B

b. 試験条件

温度・・・常温、200℃、400℃、500℃、700℃

雰囲気・・・真空

c. 測定方法

・比熱測定における温度検出は、試料裏面に銀ペーストで接着した熱電対 (プラチネル) により行った。

・常温比熱測定はさらに試料上面に受光板 (グラッシーカーボン) をシリコングリースを介して接着した状態で行い、試料の比熱 (C_p) は、下記の計算式 (1) により求めた。

【0153】

【数 1】

実施例、比較例に係るセラミックヒータに 100 V の電圧を印加し、400℃まで昇温するのに係る時間を測定した。なお、ウエハ加熱面 91b の温度は、サーモピュア (日本データム社製 IR162012-0012) により測定した。

40 【0155】

【表 1】

		酸素含有量 (重量%)	反り量 (μm)	熱伝導率 (W/mK)	昇温時間 (秒)	シリコンウエハの 面内温度差 ($^{\circ}\text{C}$)
実施例	1	0.3	2	130	100	1
	2	0.3	2	130	80	1
	3	0.3	2	130	60	1
	4	1.5	1	140	50	0.5
	5	1.5	1	140	40	0.5
	6	5.5	3	100	110	2
	7	0.3	2	130	40	0.5
	8	0.3	2	130	40	0.5
比較例	1	0	8	80	150	5
	2	0	8	80	200	5
	3	1.5	1	130	200	3
	4	0	8	80	400	8

【0156】さらに、実施例7に係る静電チャック、および、実施例8に係るウエハプローバについて、昇温温度を以下のように変更して、上述の方法により、反り量および熱伝導率を評価した。なお、実施例7に係る静電チャックの昇温温度は、500 $^{\circ}\text{C}$ であり、実施例8に係るウエハプローバの昇温温度は、200 $^{\circ}\text{C}$ であった。

【0157】その結果、実施例7に係る静電チャックでは、セラミック基板の反り量は1 μm 、熱伝導率は75 W/m \cdot Kであった。実施例8に係るウエハプローバでは、セラミック基板の反り量は1 μm 、熱伝導率は135 W/m \cdot Kであった。

【0158】

【発明の効果】以上説明のように、本願発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板は、酸素を含有する炭化物セラミックからなるので、焼結性を向上させることができ、高温時の反りやウエハ加熱面の温度均一性の低下を防止することができる。さらに、上記セラミック基板の厚さが25mm以下であるので、熱容量を低下させて、用的に均一な温度分布をウエハ加熱面に与えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板の一実施形態であるセラミックヒータを模式的に示す部分拡大断面図である。

【図2】図1に示したセラミックヒータを模式的に示す底面図である。

【図3】本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板の一実施形態であるセラミックヒータの他の実施形態を模式的に示す部分拡大断面図である。

【図4】本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板の一実施形態である静電チャックを模式的に示す縦断面図である。

【図5】図4に示した静電チャックのA-A線断面図で

ある。

【図6】静電チャックの静電電極の一例を模式的に示す断面図である。

【図7】静電チャックの静電電極の一例を模式的に示す断面図である。

【図8】本発明の半導体装置用セラミック基板の一実施形態であるウエハプローバを模式的に示す断面図である。

【図9】図8に示したウエハプローバにおけるA-A線断面図である。

【図10】(a)～(d)は、図1に示すセラミックヒータの製造工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図11】(a)～(d)は、図4に示す静電チャックの製造工程の一部を模式的に示す断面図である。

【符号の説明】

101、210、220 静電チャック

1、31、43、91 セラミック基板

2、212、222、32a、32b チャック正極静電層

3、213、223、33a、33b チャック負極静電層

2a、3a 半円弧状部

2b、3b 櫛歯部

4 セラミック誘電体膜

5、32、49、92 抵抗発熱体

6、18、33、93 外部端子

7、8、36、44a～44c、96 絶縁体層

9 半導体ウエハ

11、34、94 有底孔

12、35、95 貫通孔

13、14、37 袋孔

16、17、38、41 スルーホール

30、90 セラミックヒータ

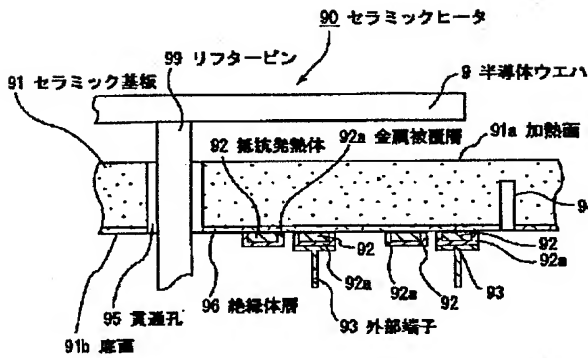
27

28

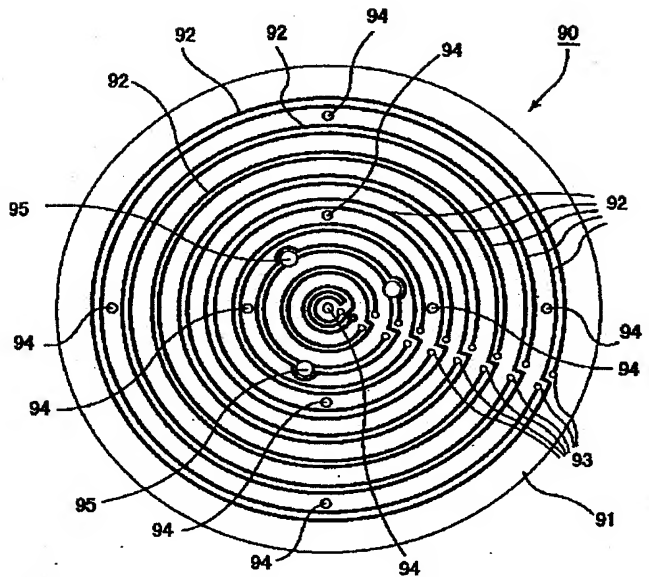
39、99 リフターピン
40 ウエハブローバ
42 チャックトップ導体層
45 ガード電極

46 グランド電極
47 溝
48 吸引孔
92a 金属被覆層

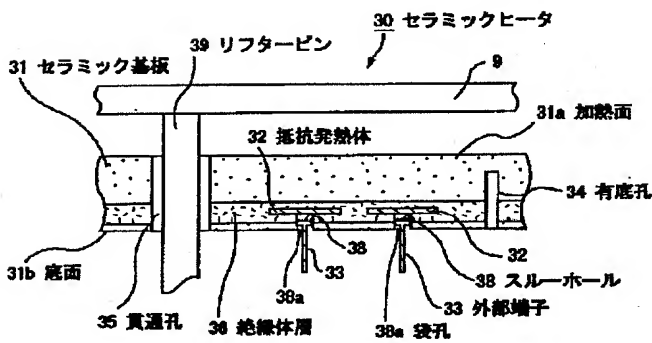
【図1】



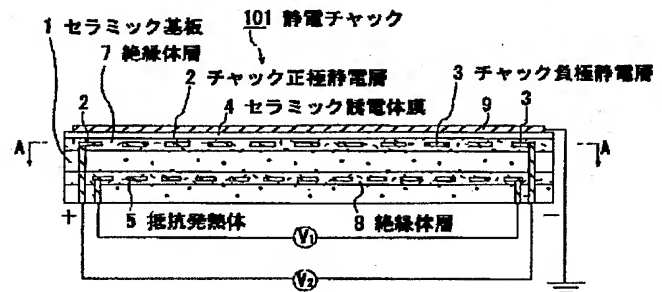
【図2】



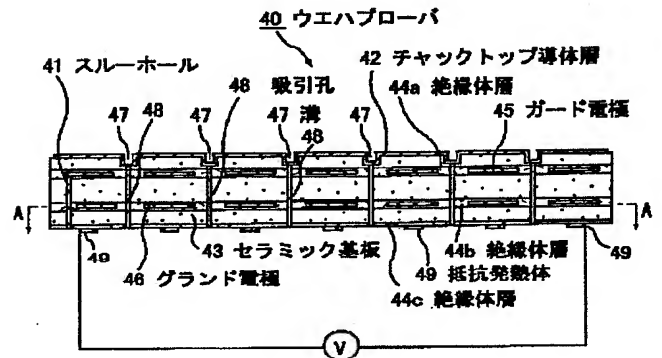
【図3】



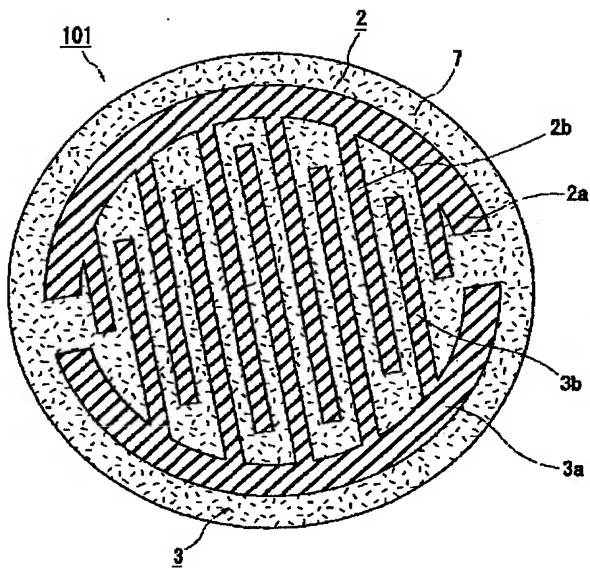
【図4】



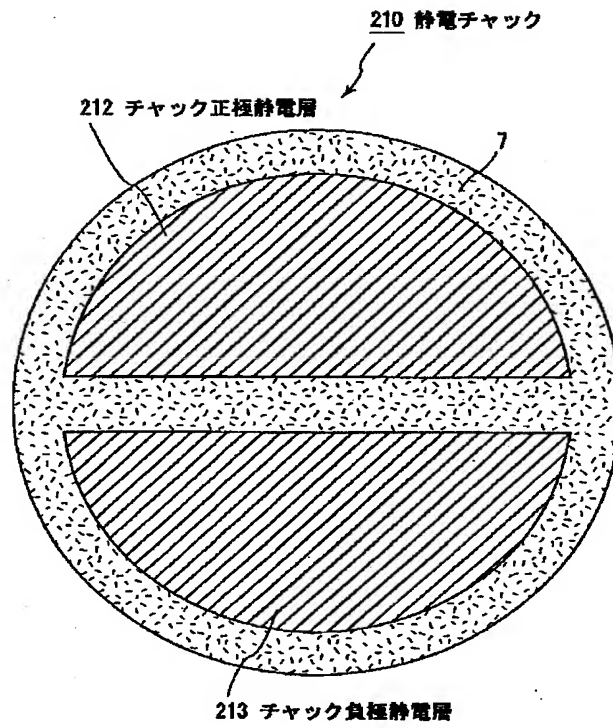
【図8】



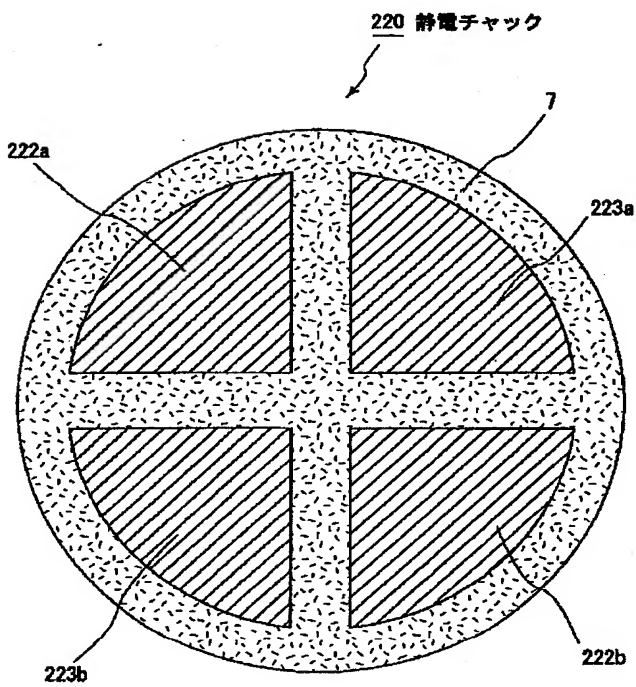
【図 5】



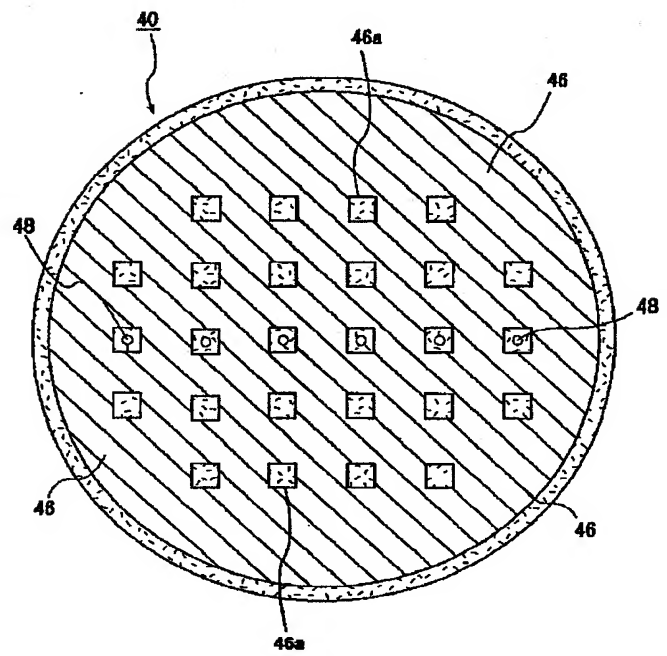
【図 6】



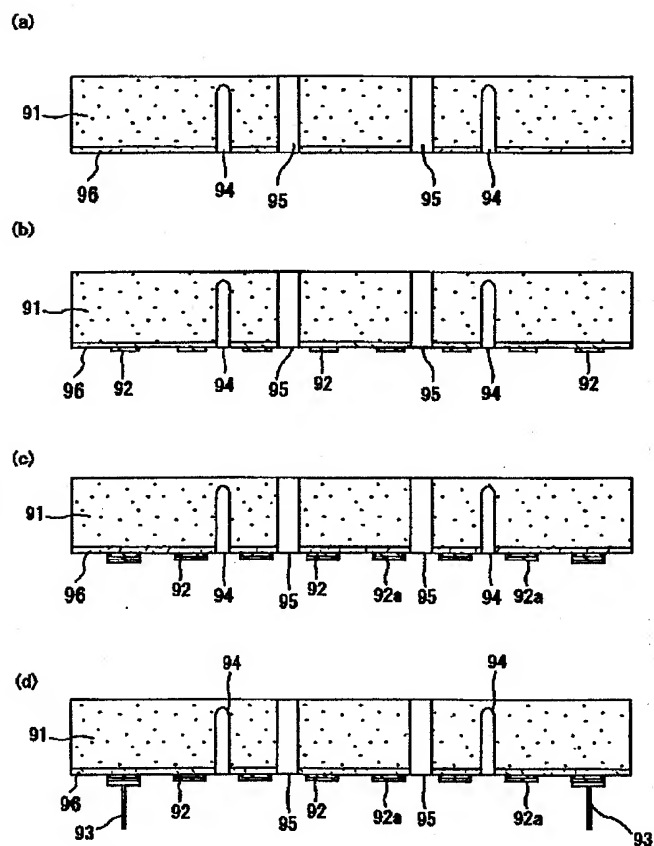
【図 7】



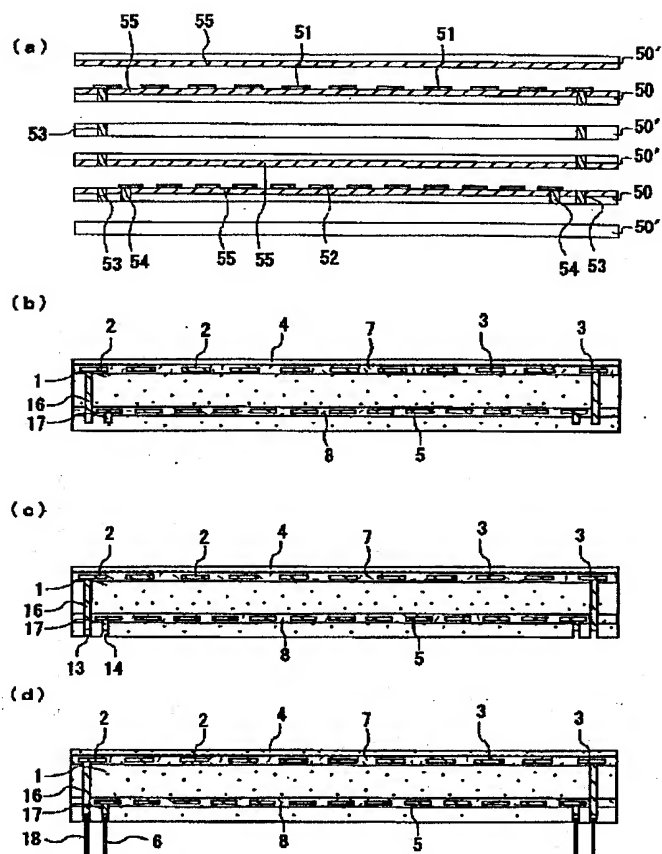
【図 9】



【図 10】



【図 1 1】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-249377

(43)Date of publication of application : **06.09.2002**

(51)Int.Cl.

C04B 35/565

H01L 21/205

H01L 21/3065

H01L 21/66

(21)Application number : **2001-041026**

(71)Applicant : **IBIDEN CO LTD**

(22)Date of filing : 16.02.2001 (72)Inventor : ITO YASUTAKA

(54) CERAMIC SUBSTRATE FOR MANUFACTURING AND INSPECTION EQUIPMENT OF SEMICONDUCTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a ceramic substrate which has a good temperature compliance at a high temperature region exceeding 100° C, does not generate a warp and is capable of homogenizing temperature distribution at a heating face when used as a heater.

SOLUTION: The ceramic substrate for manufacturing and inspecting equipment of a semiconductor characteristically has a conductor layer inside or on the surface of the substrate, consists of a carbide ceramic containing oxygen in it and has the thickness of 25 mm or less.

